RAZzies

Maandblad van de Radio Amateurs Zoetermeer



Oktober 2018

Met in dit nummer:
- Phase Sequence Netwerken
- Opa Vonk: I²C bus
- QRP eindtrap bescherming
- QRP Tuner
- Afdelingsnieuws

Colofon

RAZzies is een uitgave van de Radio Amateurs Zoetermeer. Bijeenkomsten van de Radio Amateurs Zoetermeer vinden plaats op elke tweede en vierde woensdag van de maanden september - juni om 20:00 uur in het clubhuis van de Midgetgolfclub Zoetermeer in het Vernède sportpark in Zoetermeer.

Website:

http://www.pi4raz.nl

Redactie:

Frank Waarsenburg
PA3CNO
pa3cno@pi4raz.nl

Informatie:

info@pi4raz.nl

Kopij en op- of aanmerkingen kunnen verstuurd worden naar razzies@pi4raz.nl

Nieuwsbrief:

http://pi4raz.nl/maillist/subscribe.php

Van de redactie

Toch weer een RAZzie? Jawel. Om te beginnen had ik nog een artikel toegezonden gekregen van Wim PA0WV, en dat was te mooi om te laten liggen. Daarnaast heb ik een aantal hartverwarmende reacties gekregen van amateurs die zeer veel plezier zeggen te beleven aan het blad, dat als bron van inspiratie geldt voor eigen ideeën en projecten. En dat was toch waar het me eigenlijk om te doen was. Verder is me ook hulp aangeboden bij het redigeren van het blad: je eigen teksten teruglezen is om te beginnen niet erg inspirerend, en je leest makkelijk over fouten heen omdat het je eigen tekst is. Robert PA2RDK heeft aangeboden om voortaan de laatste controles te doen, zodat er met andere ogen naar de tekst gekeken wordt. Dat scheelt mij weer een paar uur lezen die ik dan aan wat anders kan besteden. Nu nog de onderwerpen, want dat blijft een heikel punt. Toen ik nog met de trein naar het QRL reisde, had ik 40 minuten per dag die ik aan de RAZzies kon besteden. Maar nu ik weer in een leasebak gepropt ben voor het bezoeken van projecten, ben ik die tijd kwijt. Dat scheelt 800 minuten per maand (meer dan 13 uur) die nu ergens anders vandaan moet komen. En niet meer kunnen knutselen omdat ik nu moet schrijven, betekent niets meer om over te schrijven... De oplossing? Artikelen van anderen. Schrijf zelf eens wat: het hoeft geen proza te zijn. Wij maken er wel wat van. Dat zou al veel schelen.

Phase Sequence Netwerken

Wim Vuijk, PA0WV

Inleiding

In 2006 heb ik berekeningen gemaakt en wat onderzoek gedaan aan phase sequence netwerken. Op mijn website wordt ernaar verwezen, maar de link blijkt dood te zijn en het bestand dat ik daar plaatste is verdwenen. Dat ontdekte ik na een email van een amateur die recent voor de lol een fase-ssb exciter bouwde aan de hand van een artikel in Electron april 1957, dat 50 jaar na dato op Internet is geplaatst; en de zijbandonderdrukking bij hem van geen kant bleek te werken.

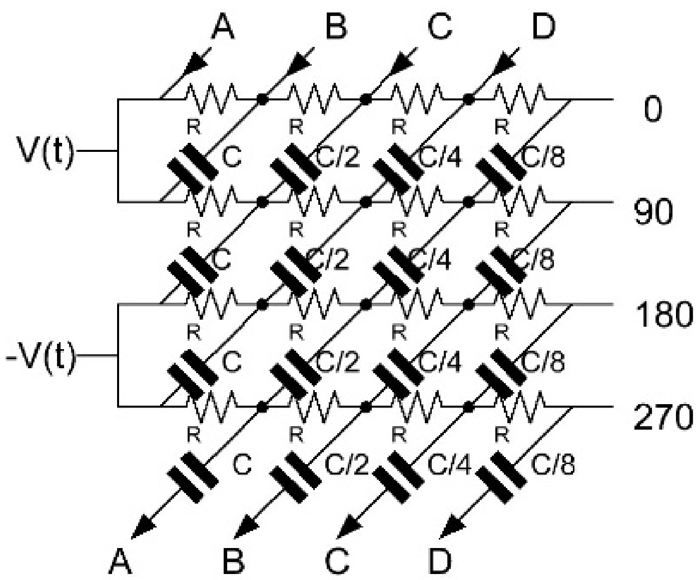
Een zoektocht in digitale bestanden ter herstel, mede in mijn geheugen, dat sterk de eigenschappen van een vergiet toont, leidt tot het volgende nu samengestelde betoog:

Fasemethode SSB

Analoog de fase over onderling tussen 2 outputs 90 graden draaien voor elke audiofrequentie uit het spraakgebied met gelijke amplitude als output werd destijds (1957) door zelfbouwers die SSB met de fasemethode produceerden in PAA tot PIZZ middels een Dome netwerk gedaan. Lastig want met primitieve middelen moest je die dan niet handelswaarden van condensa-

toren en weerstanden zien te realiseren met een tolerantie van hoogstens 1%, naar het voorschrift luidde.
PA0IJ die aan de TH te Delft toen student assistent of medewerker was, bood hulp, door die netwerken beschikbaar te stellen aan nabouwers, waarvan ik er na aanvraag een verkreeg en enkele weken daarna kwam ik met een slordig SSB signaal op 80m in de lucht. Dat was nog in de AM-tijd, koopsets bestonden niet of het moest iets onbetaalbaars van Collins zijn geweest en de met dumpapparatuur doordrenkte markt betrof ook uitsluitend AM of FM en alles met radiobuizen.

Jaren later kwamen de phase sequence netwerken, (fig hieronder) die, als ze oneindig lang zijn over een willekeurig groot frequentiegebied 90 graden draaien. (op 4 uitgangen onderling 0, 90 180 en 270 graden)



Phase sequence netwerk, 4 secties

Phase sequence netwerken bieden dan veel voordelen ten opzichte van Dome netwerken, want je kunt gelijke weerstanden gebruiken en gelijke C's met normale handelswaarden als je de grotere C's samenstelt uit een aantal van de kleinst gebruikte, zoals uit de tekening als mogelijkheid blijkt.

Netwerkeisen:

Met de fasemethode werd SSB gemaakt door audiofrequentie a te mengen met hoogfrequent f, in een balansmengtrap, dat levert dan double sideband met onderdrukte draaggolf. Dat dan apart nog een keer te doen met beide over 90 graden verschoven a en f signalen, en de resultaten op te tellen. Stukjes tussen de gaten van de vergiet in, doen me van school nog herinneren dat

$$sin(a+b) = sin(a) * cos(b) + cos(a) * sin(b)$$

en

$$cos(a+b) = cos(a) * cos(b) - sin(a) * sin(b)$$

Uit dat setje formules en de wetenschap dat de cosinus een even en de sinus een oneven functie is, dat wil zeggen cos(b) = cos(-b) en sin(b) = -sin(-b), kun je dan makkelijk 4 formules terugvinden voor sin a sin b; cos a cos b enzovoorts. Daarin zie je dan dat zo'n product als output van een balansmengtrap de som en de verschilfrequenties levert.

Ga je uit van audio sin a en van hoogfrequent sin f en van hun 90 graden verschoven signalen cos a en cos f, dan levert de eerste balansmengtrap het product sin a sin f en de tweede balansmengtrap het product cos a cos f. Tel je die twee uitgangssignalen van die mengtrappen op of trek je ze af dan krijg je volgens de niet vergeten vergietformule een der zijbanden.

$$cos(a) * cos(f) - sin(a) * sin(f) = cos(f+a)$$

De bovenzijband dus. De onderzijband cos(f-a) van de ene balansmengtrap wordt bij de aftrekking na de balansmengtrappen gecompenseerd door de onderzijband uit de andere balansmengtrap die evengrote amplitude heeft en in tegenfase is.

De onderdrukking van de ongewenste zijband hangt dus af van de mate waarin de twee onderzijbanden uit de balansmengtrappen onderling voor elke frequentie in tegenfase zijn en gelijke amplitude hebben.

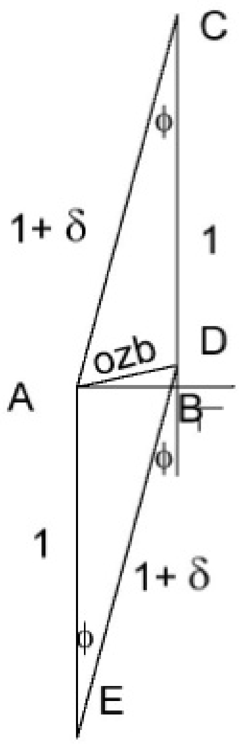
Als de 90 graden verschoven audio φ in fasehoek en δ in amplitude afwijkt van de ideale waarden, is de vraag in hoeverre de ongewenste zijband weer opduikt.

Daartoe kun je dan de ongewenste zijband-component op f-a berekenen uit:

$$cos(a) * cos(f) - (1+\delta) * sin(a+\phi) * sin(f)$$

Dat kun je ook goniometrisch berekenen met dezelfde formules, maar sneller en met meer inzicht, dat bijvoorbeeld de vraag beantwoordt, of een afwijking δ in amplitude misschien wel een afwijking φ in fase kan compenseren, kun je het door het tekenen van driehoeken zien.

De lange zijden van de zijbandvectoren DC en DE in de tekening zijn de niet geheel compenserende amplitudes 1 en 1+δ van de zijbanden en de resultante die optreedt bij een fasefout φ volgt dan ook. De gewenste zijband is de som van die vectoren, dus nagenoeg dubbel zo grote spanning 2.



De gewenste component op (f+a) wijzigt dan tevens ietsje, maar dat is verwaarloosbaar bij de berekening van de onderdrukking van de ongewenste zijband.

$$ozb = \sqrt{[(1+\delta) * sin(\phi)]^2 + [(1+\delta) * cos(\phi) - 1]^2}$$

$$ozb = \sqrt{(1+\delta)^2 + 1 - 2 * (1+\delta) * cos(\phi)}$$

Je ziet dat de resultante ozb (ongewenste zijband) van de vectoriële optelling van DC en DE, dan makkelijk volgt uit: DC=1; BC = (1+ δ) cos φ dus DB = (1+ δ) cos (φ) -1. Voorts AB=(1+ δ) sin φ zodat met toepassing van de stelling van Pythagoras de hypotenusa ozb, dat is de vector van de ongewenste zijband, berekend kan worden als zijnde de formule onder de tekening van de driehoek. Die is dan nog te vereenvoudigen tot de formule eronder. Je kunt uit de tekening reeds concluderen dat je ozb niet op 0 kunt brengen met een juiste keuze van δ.

Die δ lijkt niet zo interessant omdat je die met een trimpotmeter op 0 kunt brengen als het fasedraainetwerk qua outputamplitude daar niet geheel aan voldoet, echter bij een over het audiogebied variërende delta zal dat niet lukken.

Voorts is het zo, dat bij een ligging met verschillende maximale afwijking boven 90 en onder 90 graden, de minimale zijbandonderdrukking door de grootste van de twee deviaties wordt bepaald, maar het gaat uiteindelijk om de top-topwaarde van die slingercurve rond 90 graden, want je kunt de gemiddelde waarde van de twee toppen nemen. Komt die uit op een andere waarde dan 90 graden, dan is dat volledig te compenseren met de fasedraaiing van f.

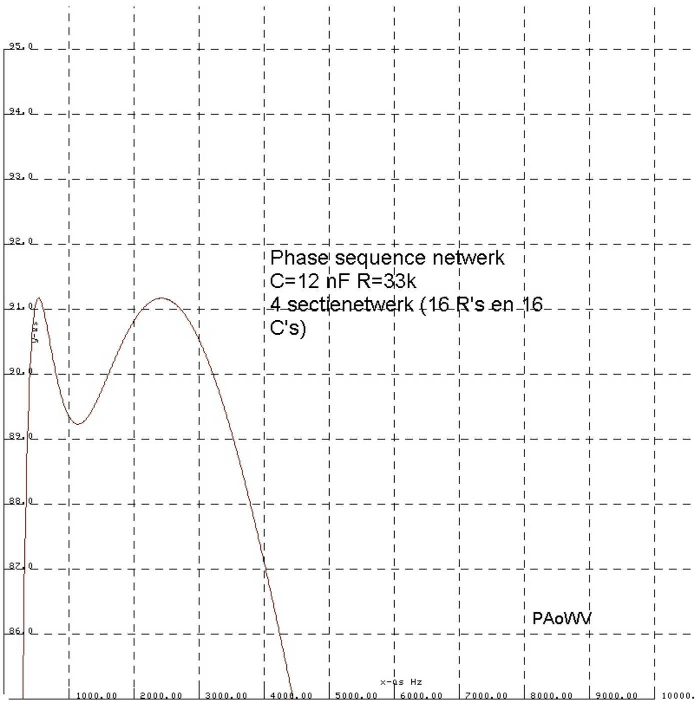
De afgeleide formule kun je controleren door beurtelings φ en δ op 0 te zetten en dan het resultaat te beoordelen.

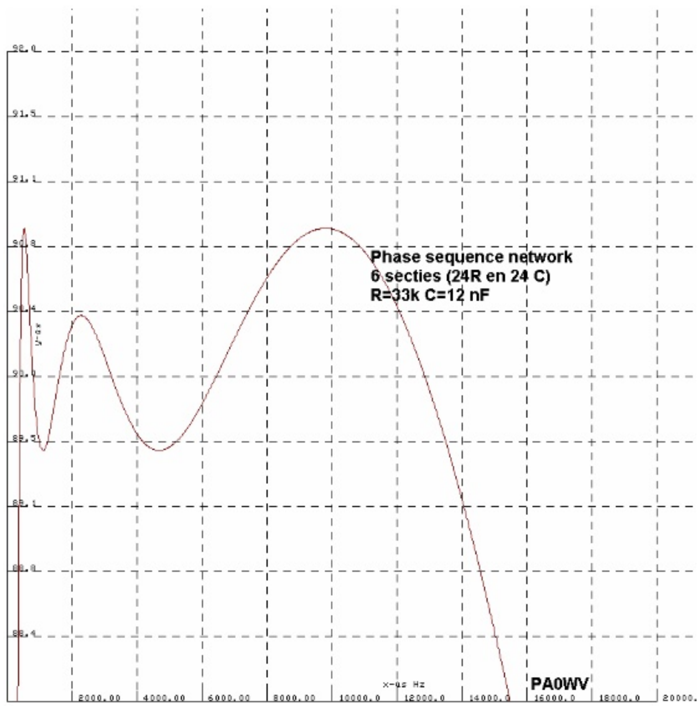
We bekijken de demping van de spanning ozb ten opzichte van de spanning van de gewenst zijband bij φ = 1, 2, 3 of 4 graden en δ=0. In dB is die dan respectievelijk 41dB, 35dB, 32dB en 29dB.

Het netwerk heb ik berekend met gebruikmaking van de wetten van Kirchhof, zoals je die (dus niet voor niks) bij het zendexamen als te beheersen stof werden geëist. Dat is geen kattedrek, want met het 4 sectie netwerk dat hiervoor in het schema staat heb je al zo'n 16 lussen. Je krijgt dus zo'n 16 vergelijkingen met 16 onbekende lusstromen. Programmatisch kun je dat zorgvuldig uitwerken. Die 16 vergelijkingen kun je dan weer systematisch oplossen door rij-manipulaties in een matrix die de coefficienten van de vergelijkingen bevat.

Enkele resultaten met nominale componentwaarden staan op de volgende bladzijde. Die componenten hebben dus precies de opgegeven (handels)waarde. Je ziet dat je met 4 secties al een stuk verder, maar niet beter qua faseafwijking uitkomt dan bij een Dome netwerk dat verderop berekend wordt. Bij 6 secties kun je al van kwaliteitsbandbreedte spreken. De afwijkingen met 90 graden geven de berekende zijbandonderdrukking aan zoals hiervoor in dit

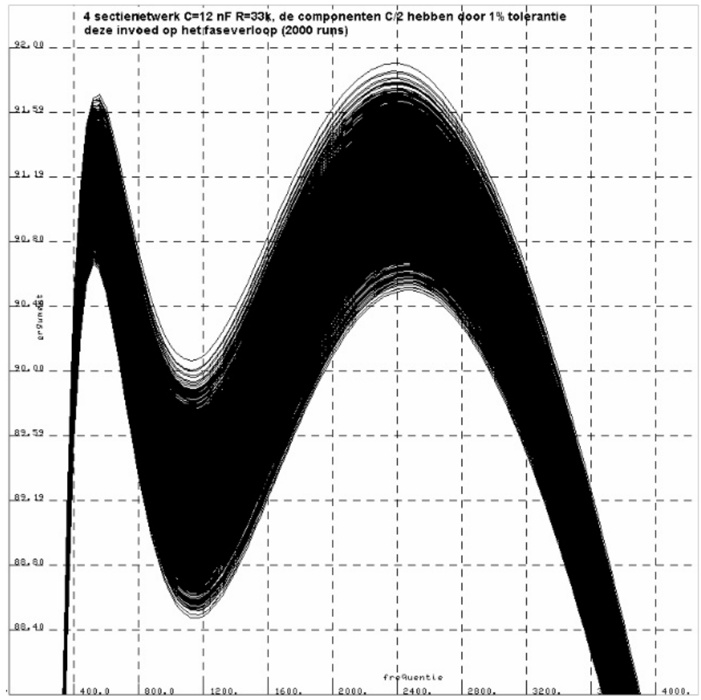
artikel berekend.

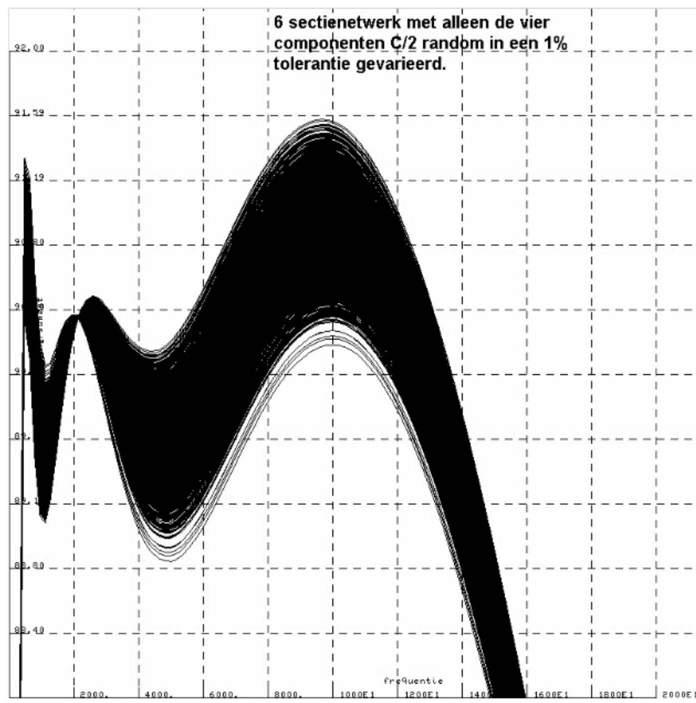




Invloed van 1% tolerantie van de onderdelen

Ik heb 2000 keer de grafiek berekend, waarbij de onderdelen C/2 per stuk een random gekozen en binnen een tolerantie van 1% afwijking hebben. Het resultaat is een bundel van 2000 grafieken, waarvan je dan weet dat als je onderdelen binnen 1 procent liggen die in het zwarte gebied een grafiek geven. Je kunt dus de uiterste afwijkingen van 90 graden zien die bij 1% onderdelen kan optreden.





Bepaling zijbandonderdrukking

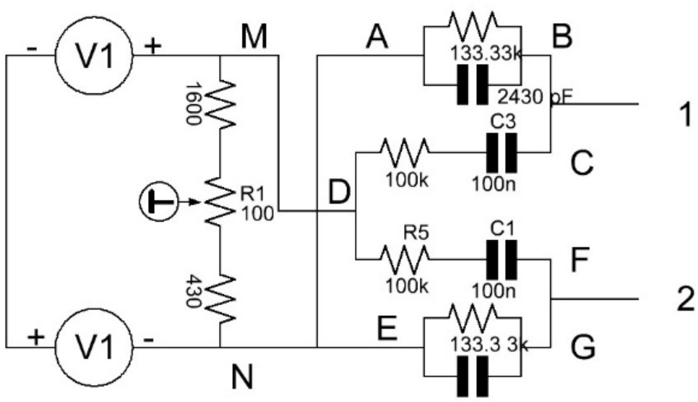
Omdat zowel δ als φ tezamen invloed hebben, zoals de afgeleide formule toont, heb ik getracht de zijbandonderdrukking voor de netwerken met de nominale waarde van de onderdelen te berekenen.

Nu is er destijds niet alleen een Domenetwerk in zwang geweest maar ook een Norgaardnetwerk. In de uitgave 'SSB for the radio amateur' eerste editie van de ARRL verwacht je uitgebreide toelichting op die netwerken, maar nee, alleen het schema van een Dome netwerk in een exciter op blz 97 die 8 jaar eerder gepubliceerd werd, dan dat het ontwerp in Electron (april 1957 pag 102) de Nederlanders er kennis mee liet maken, is te vinden op Internet bij http://electron.pothof.info/Electronapril1957.pdf en dat is dan het artikel waaruit de nabouw geen zijbandonderdrukking heeft en waarbij mijn hulp daarom werd ingeroepen. De Amerikanen noteerden de C's in microfarad, Electron in pF en vergat daarbij de formules voor de bijbehorende weerstanden aan te passen. Dat was echter niet de oorzaak van het falen van de zijbandonderdrukking, want de nabouwer had dat blijkbaar door de voorbeelden bij de formules in Electron wel begrepen.

Er is echter ook een Norgaardnetwerk, dat commercieel in de handel is gebracht. Dat is te vinden in een uitstekend artikel over een junior SSB exciter van GE-ham news op http://bit.ly/2PEfFTM Junior SSB General Electric

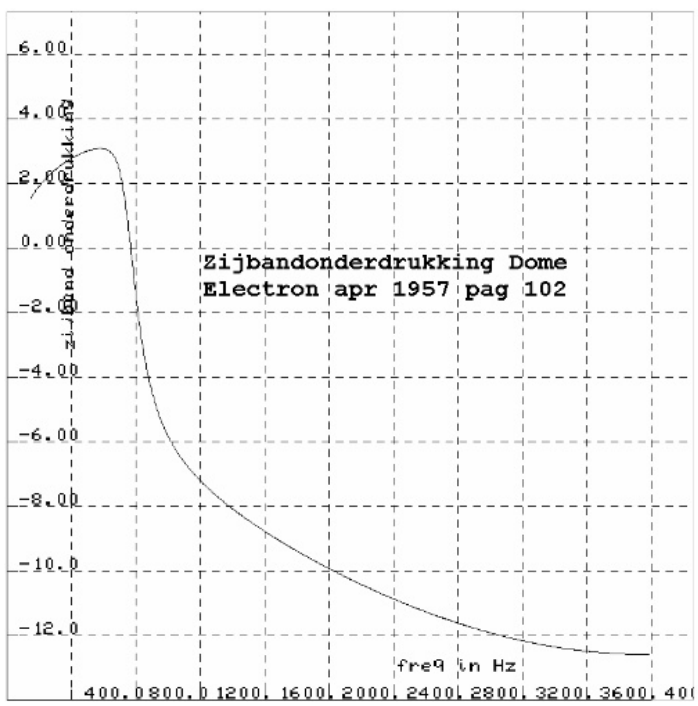
Dit Norgaardnetwerk (W2KUJ) dat aanzienlijk eenvoudiger dan het Domenetwerk is, is eenvoudig zelf te bouwen, want er staan uitgebreide afregelvoorschriften bij gepubliceerd, om met een wrakke oscilloscope optimale resultaten te bereiken.

Er zijn wat de weerstanden betreft slechts 1% typen nodig van 100k en 133.33k. De laatste is dan wel een ongelukkige waarde maar die kun je dan samenstellen uit 150k 1% parallel aan 1.2 Mohm 5%. Het schema van het Norgaard-netwerk zie je links onder op de pagina.



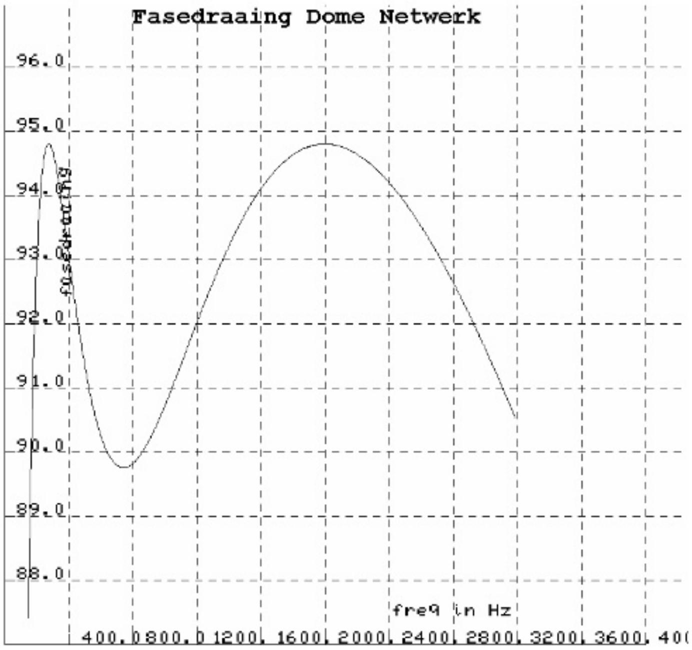
Van beide zijn ook de δ en φ als functie van frequentie in het audiogebied bepaald, en vervolgens uit de top-top waarde van die grootheden de ermee bereikbare zijband-onderdrukking.

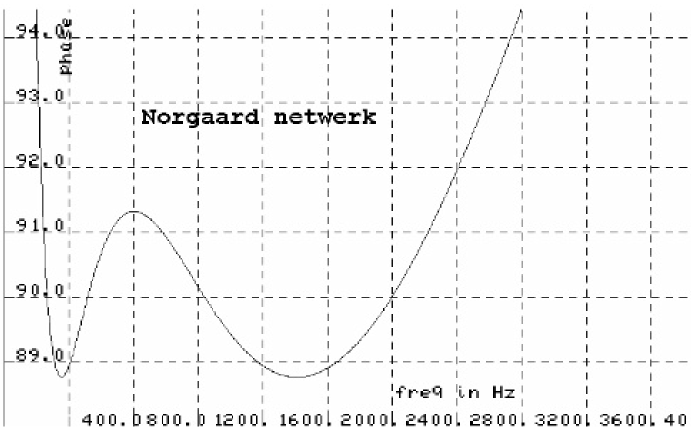
Bij het Domenetwerk uit Electron mislukte die berekening grandioos, na een lange tijd zonder resultaat zoeken naar wat ik fout deed, bleek tot mijn verbazing dat het schema in Electron niet deugt. De twee serietakken van R en C in het Dome netwerk zijn in dat schema onderling verwisseld. De redactie van Electron had in die tijd kennelijk reeds de slechte gewoonte schema's in eigen bladstijl over te zetten en vervolgens de verantwoordelijkheid voor fouten af te schuiven op de schrijver, door die de tekeningen en tekst vele maanden later ter correctie voor te leggen. Geen wonder dus dat het niet lukte zijbandonderdrukking te verkrijgen met het in Electron gepubliceerde Dome-netwerk. De daarvan berekende zijbandonder-drukking staat hieronder in een grafiekje.

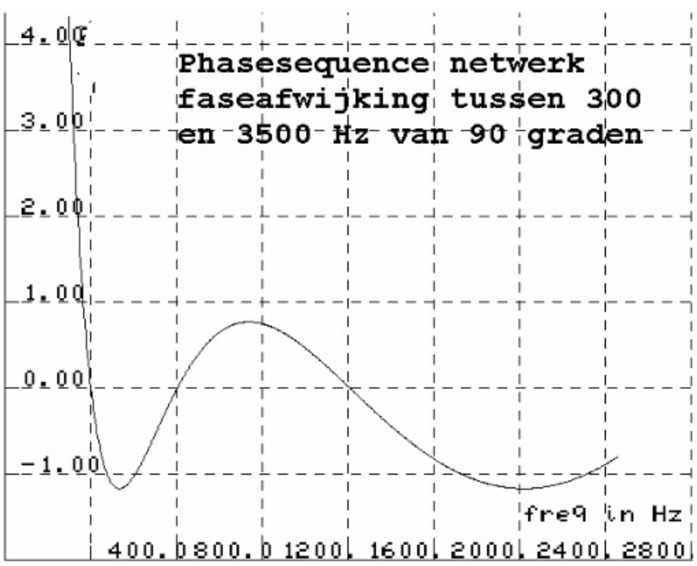


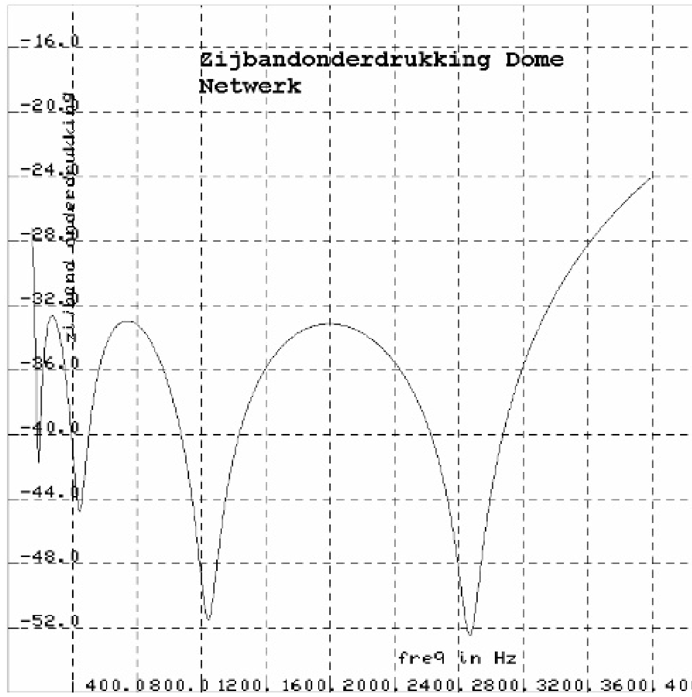
Met behulp van de afgeleide formule voor de onderdrukking van de zijband heb ik voor

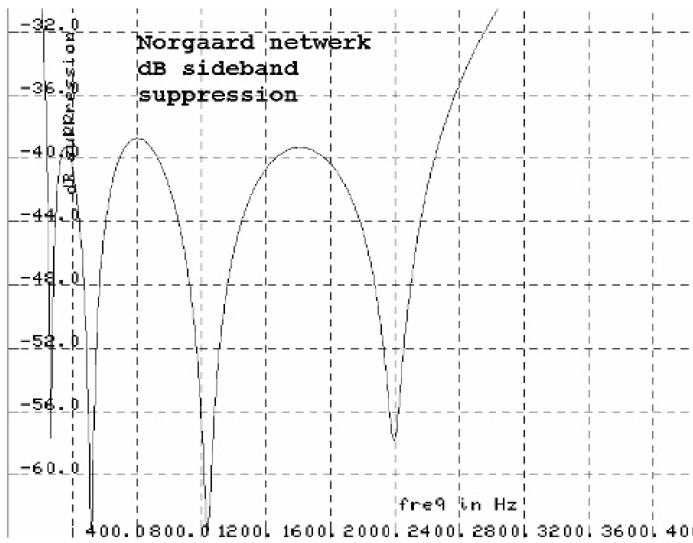
Norgaard, (correcte) Dome en Phasesequence netwerk de zijbandonderdrukking in dB ten opzichte van de gewenste zijband berekend uit de berekende waarden van δ en φ voor die netwerken als ze met nominale waarde van de onderdelen worden berekend. Het correcte

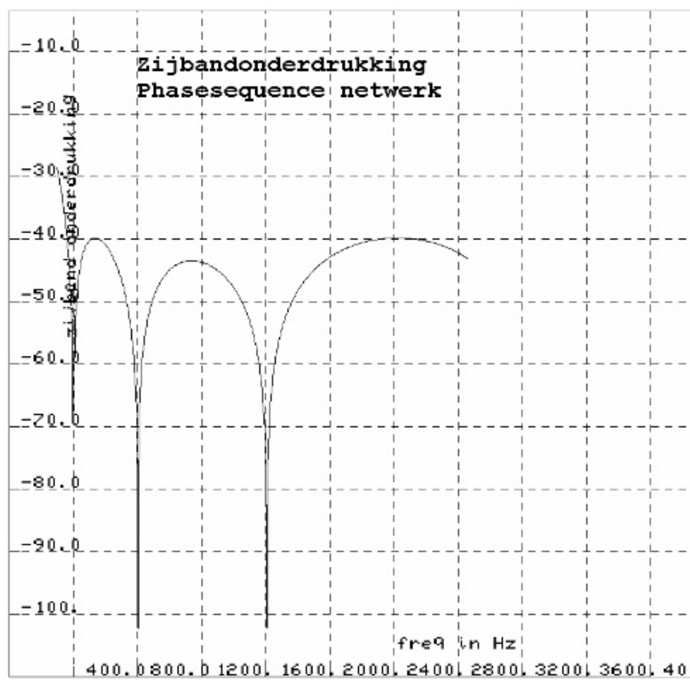












Domenetwerk heeft een asymmetrische fasedraaiing t.o.v. 90 graden, daarvoor heb ik in de zijbandonderdrukking naar symmetrisch gecorrigeerd. De fasegrafieken zie je op de vorige pagina links, en rechts zie je de grafieken voor de zijband onderdrukkingen.

Conclusies

1. De afwijking van 90 graden bij de nominale waarde van alle onderdelen ligt top-top bij een phasesequence 4-sectienetwerk op 1,9 graden, niet geheel symmetrisch rond 90 graden, aan die eis wordt voldaan tussen 300 en 3500 Hz

2. Bij een 6 sectienetwerk (24 weerstanden) is de afwijking van -0,6 tot +0.9 graad, over een audiobandbreedte die aan de bovenzijde doorloopt tot 13500 Hz

3. Bij componenten met 1% tolerantie kan bij 4 secties de faseafwijking oplopen tot -1,5 graad en +1,9 graad bij een bandbreedte aan de bovenzijde begrensd tot 3600 Hz

4. De zijbandonderdrukking ligt bij nominale waarde van de gebruikte onderdelen, als aangegeven in bovenstaande grafieken ter vergelijking met Norgaard en Domenetwerk.

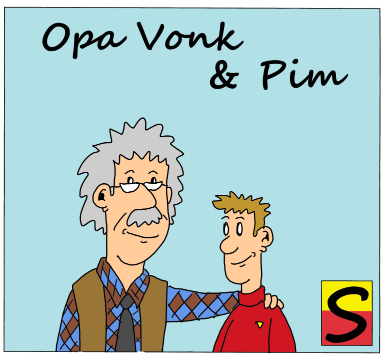
5. Het Norgaard netwerk kost weinig onderdelen en is eenvoudig af te regelen. Het is kwalitatief beter dan het Dome netwerk.

6. Het phasesequence netwerk kan samengesteld worden uit handelsonderdelen met 1% tolerantie, en geeft zonder enig verdere afregeling de beste resultaten.

De broncode van de gebruikte programma's zijn geschreven in C en op aanvraag voor eigen gebruik bij mij gratis verkrijgbaar. Zend daartoe een aanvraag per email naar mijncall@amsat.org, waarbij mijncall uiteraard vervangen dient te worden door

PA0WV

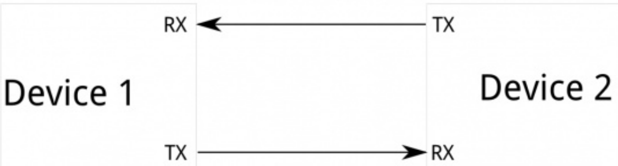
http://bit.ly/2MVP33J



Pim keek met een verwarde blik naar zijn Opa Vonk, die aan de werkbank van zijn piephok met een enorme soldeerbout een behuizing van stukken printplaat aan het maken was, en twijfelde of dit wel het juiste moment was om zijn Opa te storen. Hij keek nog eens omhoog naar het plastic zakje dat Opa steevast over de brandmelder aanbracht om valse alarmen als gevolg van de frequent optredende rookwolken te voorkomen, en besloot het erop te wagen. "Opa, wat is een bus?" vroeg hij. Opa keek hem stomverbaasd aan. "Een transportmiddel voor meerdere personen die daarvoor betalen, doorgaans 4 wielen, voorzien van chauffeur", antwoordde hij. Pim schudde zijn hoofd. "Flauw, Opa", zei hij. "Ik bedoel in de elektronica". "Oh", antwoordde Opa. "Maar ik weet toch niet waar je mee bezig bent. In de elektronica is het doorgaans een verzameling signaaldraden die bij elkaar horen. Je ziet het in schema tekenprogramma's ook wel: in plaats van alle adres- en datalijnen van een processor apart te tekenen, wordt een dikke lijn gebruikt die 'bus' genoemd wordt. Waar nodig, worden de signaallijnen van de bus afgetakt. Het tekenprogramma weet dan aan de hand van de labels die je bij zo'n bus aansluiting aanbrengt welke lijnen bij elkaar horen. Maar over wat voor bus heb jij het nu?", vroeg Opa. "Iets wat ze I^2C bus noemen", zei Pim. "Aha!", zei Opa. "Het Inter-Integrated-Circuit protocol, ook wel I^2C protocol genoemd en communicerend via de I^2C bus. Ja die ken ik wel. Het I^2C protocol is een protocol dat bedoeld is om meerdere “slave” digitale IC's te laten praten met één of meer “master” IC's. Wat dat slave en master betekenen, kom ik zo op. Net als de Serial Peripheral Interface (SPI) is dit protocol alleen bedoeld voor communicatie over korte

afstanden binnen een apparaat. Net als bij asynchrone seriële interfaces (zoals RS-232 of UARTs), zijn er maar twee draden nodig om informatie uit te wisselen."

"Maar waarom I²C? Wat is er mis met seriële interfaces?", vroeg Pim. "Om dat duidelijk te maken, moet je I²C eerst met de andere opties vergelijken om te zien waar de verschillen in zitten", zei Opa.

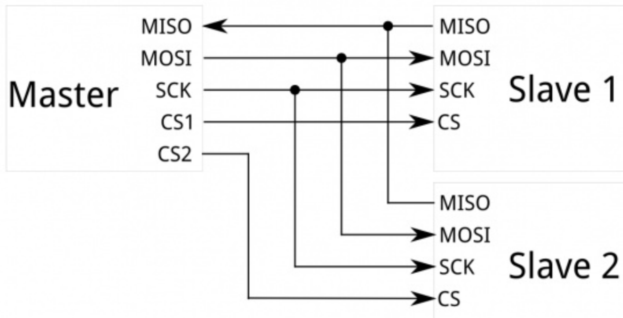


Omdat seriële poorten asynchroon zijn (er wordt geen kloksignaal meegestuurd), moeten de apparaten of IC's die het gebruiken, van te voren afspraken maken over de snelheid waarmee ze gegevens willen uitwisselen - de bekende Baudrate. Daarnaast moeten de klokken van de twee communicerende apparaten zo goed mogelijk gelijk aan elkaar zijn - en blijven. Een sterk afwijkende kloksnelheid van een van de twee apparaten zal ervoor zorgen dat de uitgewisselde gegevens onleesbaar worden.

Daarnaast hebben asynchrone seriële poorten hardware overhead. De UART aan elke kant is relatief complex en moeilijk om in de software op te nemen als het nodig is. Er is tenminste één start en stop bit nodig voor elke verzonden byte, wat betekent dat er 10 bits zendtijd nodig is voor elke 8 bits die verzonden worden, en dat gaat van de doorvoersnelheid af.

Een ander basisprobleem van asynchrone poorten is dat inherent aan de opbouw ze alleen geschikt zijn voor communicatie tussen twee, en dan ook niet meer dan twee, apparaten. Hoewel het mogelijk is om meerdere apparaten aan een enkele seriële poort te knopen, ligt het gevaar van contentie (waar twee apparaten op hetzelfde moment dezelfde draad aan willen sturen) op de loer, en daar moet voorzichting mee omgegaan worden om de betrokken apparaten niet te beschadigen. Meestal is daar externe hardware voor nodig. Niet meer dan twee apparaten dus.

Tot slot is de transportsnelheid een probleem. Hoewel er geen theoretische limiet is aan asynchrone seriële communicatie, ondersteunen de meeste UARTs (staat voor Universele Asynchrone Receiver en Transmitter) maar een bepaalde vaste set baudrates, waarvan de snelste rond de 230400 bits per seconde ligt", zei Opa. "Maar wat is er dan mis met SPI?", vroeg Pim.

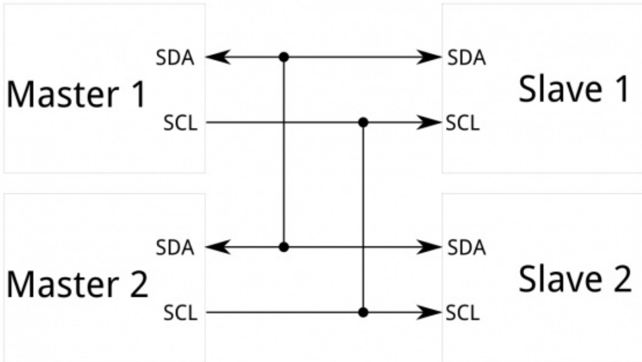


Het grootste nadeel van SPI is het aantal benodigde draden. Voor het aansluiten van een enkele master op een enkele slave via een SPI bus zijn vier draden nodig, en voor elke volgende slave is een extra chip select aansluiting op de master nodig. Een chip select is de aansluiting die een chip vertelt dat er tegen hem gepraat wordt. Door de snelle toename van het aantal benodigde aansluitingen is een SPI bus ongewenst in situaties waar een master tegen een heleboel slaves aan moet praten. Daarnaast kan het grote aantal aansluitingen dat voor elke chip nodig is, problemen opleveren bij het ontwerpen van een print. SPI staat maar één master toe op de bus, maar kan een onbeperkte hoeveelheid slaves aansturen - uiteraard beperkt door de belasting die alle verbonden slaves vormen, en het aantal beschikbare aansluitingen op de master voor het aansturen van de chip select.

SPI is goed voor verbindingen met hoge snelheid en full-duplex (tegelijkertijd zenden en ontvangen van gegevens), met kloksnelheden tot 10MHz (en dus 10 miljoen bits per seconde) voor sommige chips, en de snelheid is makkelijk aan te passen. De hardware aan beide kanten is doorgaans een heel eenvoudig schuifregister,

waardoor het makkelijk is om er software voor te schrijven.

En dan komen we in het beste van twee werelden: I^2C!



I^2C heeft maar twee draden nodig, net zoals asynchrone seriële interfaces, maar die twee draden kunnen tot 1008 slave apparaten aansturen. En in tegenstelling tot SPI kan I^2C een multi-master systeem ondersteunen, waardoor er meer dan één master kan communiceren met alle apparaten die op de bus aangesloten zijn (maar waarbij de masters niet met elkaar kunnen praten en om de beurt de bus moeten gebruiken).

De overdrachtssnelheden zitten een beetje tussen asynchroon serieel en SPI in; de meeste I2C apparaten kunnen communiceren op 100kHz of 400kHz. I^2C heeft een beetje overhead; voor elke 8 bits gegevens die verstuurd moeten worden, moet er één bit aan meta data (het “ACK/NACK” bit, waar we het straks over zullen hebben) verstuurd worden.

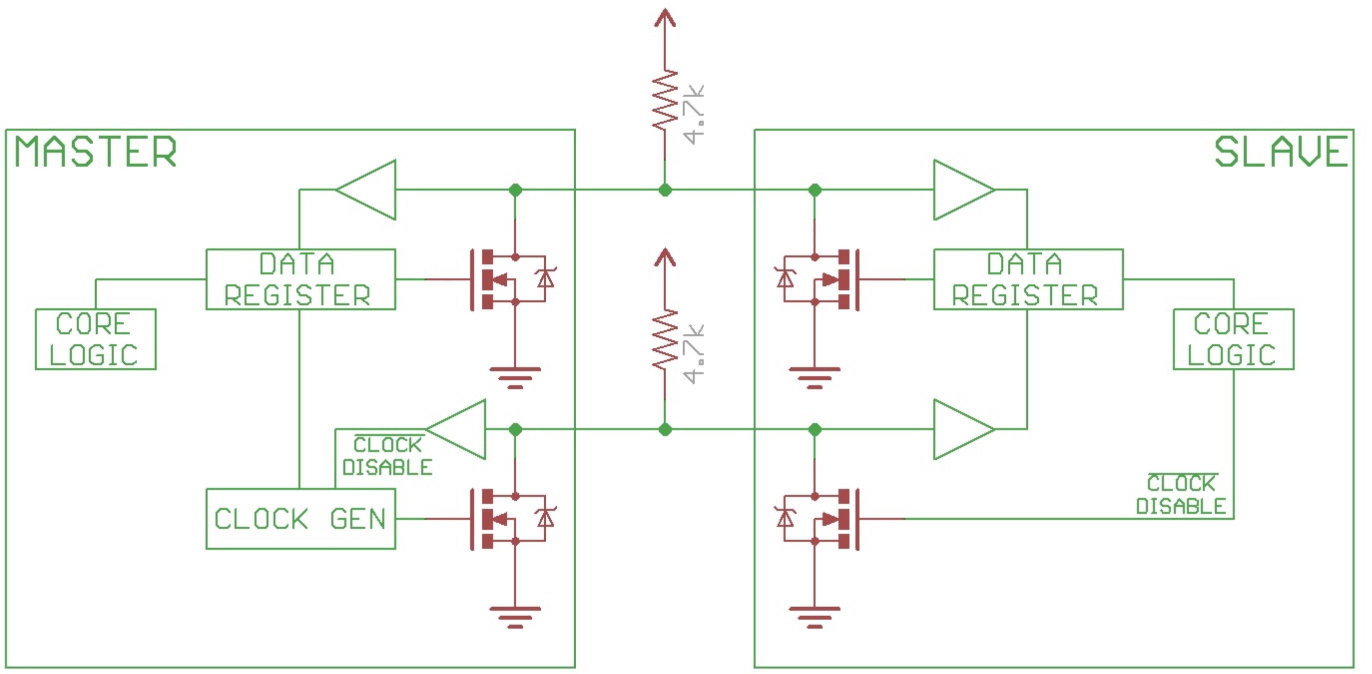
De hardware die nodig is om I^2C te kunnen gebruiken is complexer dan bij SPI, maar minder complex dan bij asynchroon serieel. Het kan redelijk makkelijk in software geïmplementeerd worden.

I^2C werd in 1982 door Philips ontwikkeld voor diverse Philips chips. De originele specificatie stond maar 100kHz communicatiesnelheid toe, en voorzag maar in 7-bit adressen, waardoor het aantal apparaten op de bus maximaal 112 bedroeg (er zijn diverse gereserveerde adressen, die nooit gebruikt zullen worden als geldig I^2C adres). In 1992 werd de eerste openbare specificatie vrijgegeven, waarbij een 400kHz snelle mode werd toegevoegd, naast een uitgebreide 10-bit adresruimte. In de meeste gevallen (bijvoorbeeld in de ATMega328 die op heel veel Arduino-compatible boards zit), stopt hier de I^2C ondersteuning. Er zijn nog drie extra modes gespecificeerd: fast-mode plus met 1MHz; high-speed mode met 3.4MHz en ultra-fast mode met 5MHz.

Naast het standaard I^2C protocol introduceerde Intel in 1995 een variant genaamd “System Management Bus” (SMBus). SMBus is een wat strakker gecontroleerd protocol, bedoeld om de voorspelbaarheid van de communicatie tussen ondersteundende IC's in computers te maximaliseren. Het belangrijkste verschil tussen I^2C en SMBus is dat bij de laatste de snelheden gelimiteerd zijn van 10kHz tot 100kHz, terwijl I^2C apparaten kan ondersteunen van 0kHz tot 5MHz. SMBus beschikt over een clock timeout mode wat toepassingen op lage snelheden illegaal maakt, maar desondanks ondersteunen veel SMBus chips dat toch wel, om de samenwerking met I^2C systemen mogelijk te maken.

Elke I^2C bus bestaat uit twee signalen: SCL en SDA. SCL is het kloksignaal, en SDA is het data signaal. Het kloksignaal wordt altijd opgewekt door de huidige bus master; sommige slave chips kunnen echter soms de klok laag houden om de master er toe te bewegen de gegevens wat langzamer te versturen (of om tijd te winnen voordat de master informatie ophaalt). Dit noemt men “clock stretching” en wordt beschreven in het protocol.

In tegenstelling tot UART of SPI verbindingen zijn de I^2C bus drivers “open drain”, wat betekent dat ze de desbetreffende signaallijn wel laag kunnen trekken, maar niet hoog kunnen maken. Daardoor kunnen er geen contentie-problemen op de bus ontstaan waarbij de ene chip de lijn laag wil trekken en de andere chip de lijn hoog wil maken, waardoor mogelijke schade aan de drivers of overmatige warmteproductie in



het systeem voorkomen wordt. Elke lijn heeft een pull-up weerstand, die het signaal weer hoog maakt als er geen enkele chip meer aan trekt.

De keuze van de weerstand hang af van de gebruikte chips die aangesloten zijn op de bus, maar een goede vuistregel is te beginnen met 4k7 en deze lager te kiezen indien noodzakelijk. I²C is een behoorlijk robuust protocol, en kan gebruikt worden over niet te grote afstanden (2-3m). Voor grotere afstanden, of systemen met veel aangesloten apparaten en/of chips, is een lagere weerstand een betere keuze.

Aangezien de aangesloten apparaten de signalen niet actief hoog maken, biedt I²C wat flexibiliteit in het aansluiten van chips met verschillende voedingsspanningen. Over het algemeen is het zo dat in een systeem waar de ene chip op een hogere spanning werkt dan de andere, het mogelijk is om beide chips met de I²C te verbinden zonder dat er een niveau aanpassing noodzakelijk is. De truc is om de pull-up weerstanden met de laagste voedingsspanning te verbinden. Dit werkt alleen als de laagste voedingsspanning hoger is dan het niveau waarop de chip met de hoogste voeding nog een 'hoog' herkent, bijvoorbeeld een 5V Arduino en een 3.3V versnellingsmeter.

De verschillende chips die op de bus zijn aangesloten, hebben elk een eigen adres. In het I²C protocol is verwerkt dat als een bepaalde chip aangesproken moet worden, eerst zijn adres verzonden wordt. Op die manier weet de chip dat hij aan de beurt is om data te ontvangen of te verzenden. Je kunt je in het protocol verdiepen en zelf alle bits en kloksignalen versturen, maar gelukkig is dat meestal voor je gedaan in de vorm van een Library, of, in goed Nederlands, een bibliotheek. Daar is de afhandeling van de signalen allemaal al geregeld. Het enige wat je hoeft te doen, is het juiste adres meegeven en de data die verstuurd moet worden. De bibliotheek handelt het vervolgens allemaal voor je af.

En wat levert het je op: Bijvoorbeeld in heel veel schakelingen met een Arduino wordt ook een 16x2 LCD toegepast. Het display kan met 8 of met 4 datalijnen aangesloten worden. In de meeste gevallen worden er 4 gebruikt. Plus nog twee stuurlijnen, en dan ben je 6 lijnen van je processor kwijt aan alleen het display. Gebruik je nu een I²C display, dan heb je maar twee draden nodig. Diezelfde twee draden kan je gebruiken om nog andere chips aan te sturen, en zo heb je maar 2 draden nodig voor alle chips die met de processor moeten communiceren. De andere in- en uitgangen van

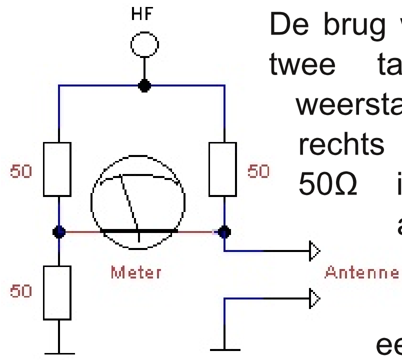
de processor zijn dan beschikbaar voor schakelaars, drukknoppen of andere periferie", besloot Opa. "Ik snap het", zei Pim. "Wat een handige uitvinding. Ik ga eens kijken of ik een LC-meter waar ik mee bezig ben, niet ook om kan bouwen naar I^2C", zei hij, en concentreerde zich weer op het schema waar de bus in stond waarmee het allemaal begonnen was.

QRP eindtrap bescherming

Nadat ik in de RAZzies van juli j.l. enthousiast schreef over de Multi-Z tuner, waarbij de Tune stand meteen zorgde voor beveiliging van de eindtrap doordat de SWR nooit slechter dan 1:2 kan worden, besloot ik om dat toe te gaan passen bij mijn nog te bouwen QRP-SWR meter (die uit de RAZzies van april dit jaar). In de eerstvolgende bestelling onderdelen nam ik daarom meteen daarvoor de onderdelen mee, maar toen ik een tijdje op dit schema aan het kauwen was, sloeg de twijfel toe. En nadat Paul PA3DFR opmerkte dan een verzwakker net zo goed voor bescherming kan zorgen, besloot ik om het probleem nog eens nader te bekijken, om te zien wat de beste oplossing is.

Nog even de beschrijving van mijn "probleem". Ik werk veel met QRP setjes, waarvan in de meeste gevallen het zendvermogen niet regelbaar is in combinatie met eindtrappen die op hun tenen lopen qua belasting. Alleen mijn K1 is daarop een uitzondering: die heeft een Tune stand waarbij het uitgangsvermogen teruggeregeld wordt tot een dikke Watt, en waarvan ook nog eens het uitgangsvermogen te regelen is vanaf 0,1W in stappen van 0,1W. Maar dat is een uitzondering. Mijn QCX heeft een dikke 3W uitgangsvermogen maar die is niet regelbaar. Als je dan een antenne aan het tunen bent, kunnen de stromen in de eindtrap bij een slechte SWR dusdanig oplopen dat de eindtrap de geest geeft. Daarom vond ik de oplossing van de Multi-Z tuner wel charmant.

Maar het klopt niet. De indicatie voor de SWR van de Multi-Z tuner is gebaseerd op de brug van Wheatstone. Vereenvoudigd ziet dat er als volgt uit:



De brug wordt gevormd door twee takken: links twee weerstanden van 50Ω en rechts een weerstand van 50Ω in serie met de antenne. Voor het gemak nemen we aan dat de meter een oneindige impedantie heeft. Is de antenne 50Ω, dan staat er zowel op de linker aansluiting van de meter als op de rechter aansluiting de halve HF spanning. De meter geeft dan niets aan. De set die de HF levert zien de linker tak van de brug, die bestaat uit de twee in serie geschakelde 50Ω weerstanden die een vervangingsweerstand van 100Ω hebben, parallel aan de rechter tak van de brug, die bestaat uit de 50Ω weerstand in serie met de antenne - ook 50Ω - en dat is eveneens 100Ω. Die twee takken parallel leveren dus weer 50Ω op. Set blij.

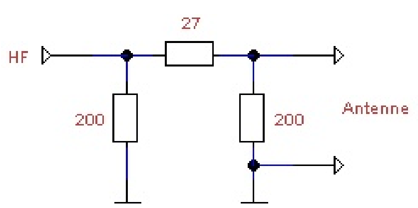
Er zijn twee uitersten te bedenken: de antenne heeft een oneindige impedantie of de antenne is kortgesloten. In het eerste geval ziet de set alleen de linker tak van de brug, met de twee 50Ω weerstanden in serie. Dat is bij elkaar 100Ω en dat betekent een SWR van 1:2. De meeste sets hebben daar geen enkel probleem mee. De meter hangt nu met zijn linker aansluiting op de halve voedingsspanning, maar zijn rechter aansluiting zit met de 50Ω weerstand aan de volle HF spanning. De meter ziet dus HF/2 en zal uitslaan.

In het tweede geval ziet de set weer de linkertak van de brug met de twee 50Ω weerstanden in serie, maar nu parallel aan de rechter 50Ω weerstand, die nu met zijn onderkant op massa

ligt. Dat geeft een vervangingsweerstand van 33,3Ω en een SWR van 1:1,5. Alweer: niet veel aan de hand. De meter ligt nog steeds met zijn linker aansluiting op de halve HF spanning, maar ligt nu met de rechter aansluiting aan massa. Er staat weer HF/2 over de meter en deze zal weer uitslaan. Dit is waar de Multi-Z tuner op gebaseerd is. Is de antenne 50Ω, dan is de brug in evenwicht en ziet de meter niets. Een afwijking naar boven of naar beneden van die 50Ω zal de meter doen uitslaan.

Maar het zat me niet lekker. Want de antenne moet wel 50Ω ***zijn***, maar zal nooit 50Ω ***zien***. Kijk maar eens vanaf de antenne naar de brug. Het eerste wat de antenne tegenkomt is de 50Ω weerstand, en alles wat daarna volgt behalve nul is misaanpassing. Is een set aangesloten, die zelf ook weer een impedantie van 50Ω heeft, dan ziet de antenne achter de 50Ω weerstand de impedantie van de set, parallel aan de linker tak van de brug - die 100Ω is (de twee 50Ω weerstanden in serie). Dat maakt bij elkaar een vervangingsweerstand van 83,3Ω en veroorzaakt een SWR van 1:1,7. Niet dramatisch, maar toch.

Aangezien een brug van Wheatstone voor mij niets toevoegt als die gevolgd wordt door een SWR meter, omdat mijn enige doel van de brug is om misaanpassing van de eindtrap te beperken, berekende ik hoeveel verzwakking ik nodig zou moeten hebben om de SWR binnen de perken te houden. Daarvoor ging ik uit van een weerstands-Pi verzwakker:



Calculators voor dit soort verzwakkers zijn overal op het internet te vinden als je Googled op Pi-attenuator. Ik gebruikde DEZE. Ik speelde net zolang met de verzwakking tot ik op mooie weerstandswaarden uit kwam (ik had 6 stuks 100Ω 1W weerstanden gekocht voor de Wheatstone brug. Dat zou met twee weerstanden parallel steeds 50Ω 2W weerstanden opleveren, en met de waarden die ik nu met deze verzwakker bij elkaar rommelde kon ik dezelfde weerstanden gebruiken). Met een verzwakking van 4,44dB kwam ik op 200Ω aan de ingang en uitgang, en 27Ω in serie. Wat betekent dat voor de twee uitersten, een kortgesloten en een open antenne? Dit zijn examenvragen voor het N-examen, dus dat zou iedereen moeten kunnen berekenen... Laten we beginnen met een open antenne.

Een open antenne betekent dat er parallel aan de 200Ω weerstand aan de ingang, nog eens 27Ω in serie met 200Ω staat. Dus 200Ω parallel aan 227Ω. En dat betekent voor de vervangingsweerstand:

$$Rv = \frac{200 * 227}{200 + 227} = \frac{45400}{427} = 106,3\Omega$$

Dat is een SWR van 1:2,13. Iets meer dan met de Wheatstone brug, maar nog steeds prima te pruimen voor een eindtrap. Pas in de buurt van de 1:3 ga ik me zorgen maken. En wat betekent het voor een kortgesloten antenne? In dat geval staat er 27Ω parallel aan 200Ω en ziet de set:

$$Rv = \frac{200 * 27}{200 + 27} = \frac{5400}{227} = 23,8\Omega$$

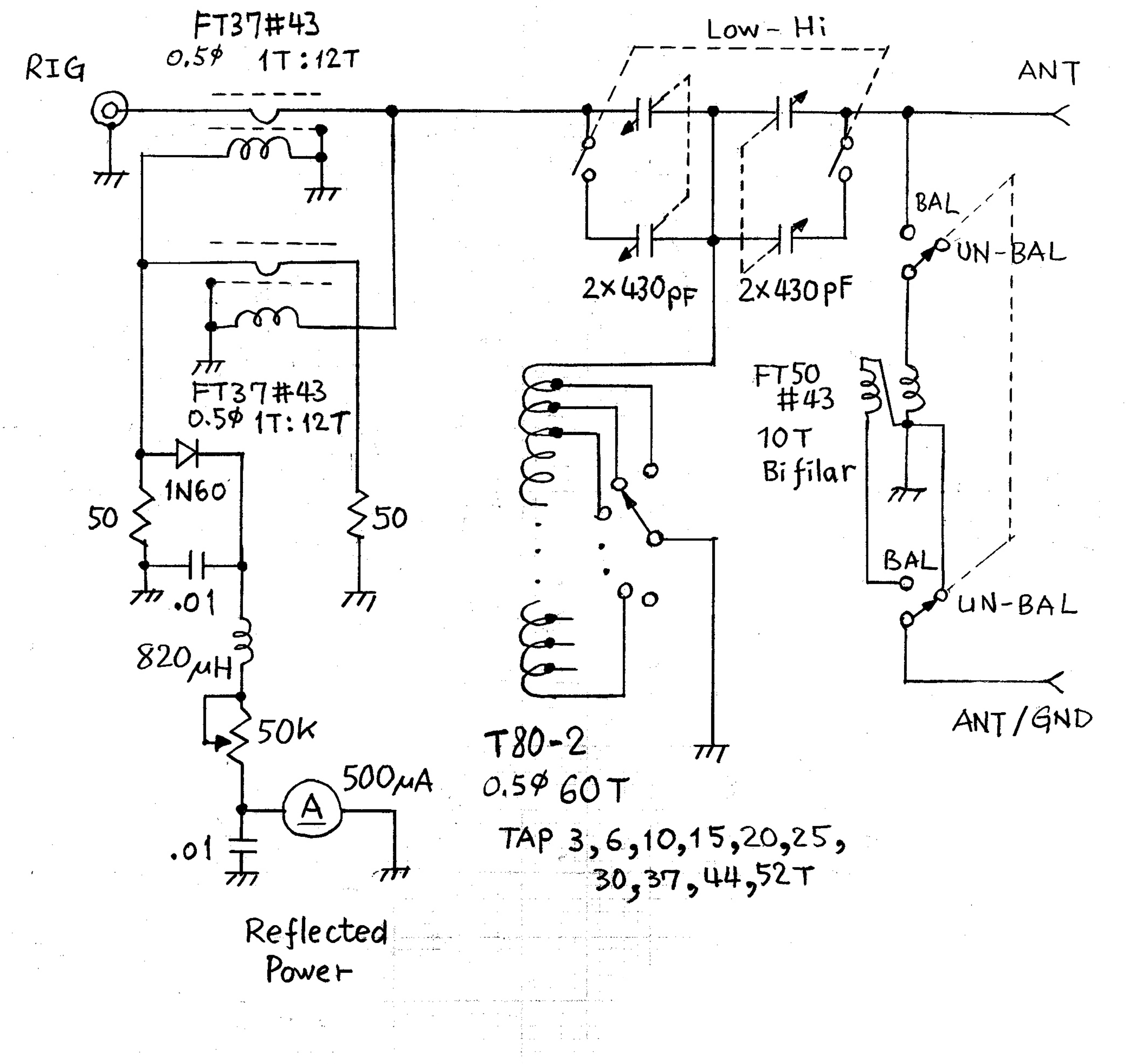
En dat levert een SWR op van 1:2,1. Net iets minder dan bij een open antenne, dus nog steeds goed genoeg. En dit zijn extremen: een antenne zal nooit helemaal nul of helemaal oneindig zijn (of je moet vergeten zijn 'm aan te sluiten), dus in de praktijk blijf je wel onder die 1:2 die als veilig beschouwd wordt.

Welk deel van het uitgangsvermogen komt nu nog bij de antenne (in mijn geval: SWR-meter) terecht? Zoals gezegd, speelde ik net zolang met de verzwakking totdat ik op mooie weerstandswaarden uitkwam. Dat was bij 4,44dB. Een verzwakking van 4,44dB is een factor 2,78. Dat wil zeggen dat als ik de 3W van mijn QCX toevoer aan deze verzwakker, er nog 1,08W bij de SWR meter aankomt. Dat is veel gunstiger dan bij de brug van Wheatstone, waar ik een factor 4 inlever en dus maar 0,75W overhoud. Plus dat de antenne (of SWR meter) nu wél 50Ω ziet. Conclusie: ik ben veel beter af met een Pi-verzwakker dan met een brug van Wheatstone. En ik kan dezelfde weerstanden gebruiken...

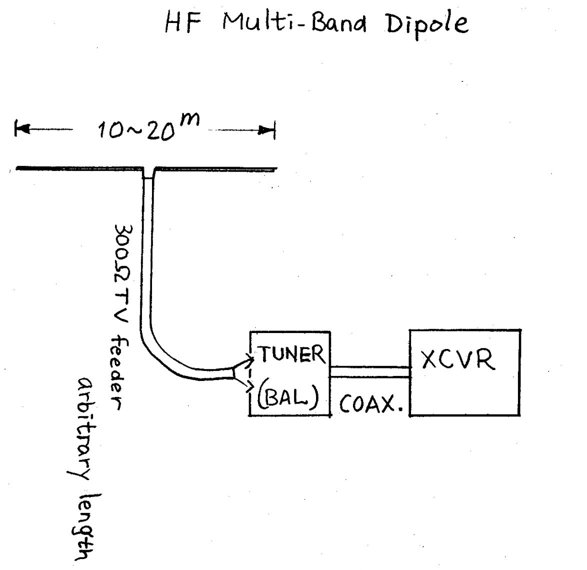
QRP-tuner

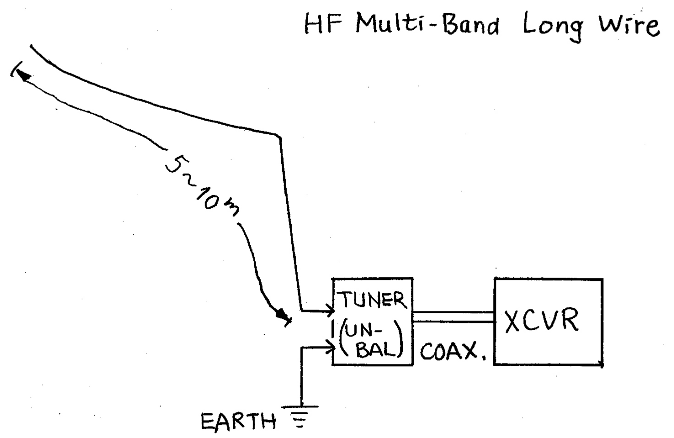
Na vorige maand uitgebreid besproken te hebben hoe een SWR-bridge precies werkt, volgt hier een praktijktoepassing die makkelijk te maken is en in het veld wonderen verricht. Dit is een C-L-C type tuner met een indicator voor het gereflecteerde vermogen. Het afstemmen geschiedt door op minimum aanwijzing van de meter af te regelen. Er zit geen indicatie op voor het heengaande vermogen, omdat dat doorgaans toch wel bekend is voor een bepaalde QRP transceiver. Er worden twee plastic afstemcondensatoren gebruikt (type oude transistorradio), maar op internet vind je legio 2x 365pF types die het ook prima doen. Voor de spoel wordt een ringkern met 10 aftakkingen (in totaal 12 aansluitingen) gebruikt. En door de ingebouwde Balun kan er gebruik gemaakt worden van een ongebalanceerde of een gebalanceerde antenne. Het schema van de tuner zie je hieronder.

Inmiddels herken je voor wat betreft de bridge ongetwijfeld de Tandem Match ofwel Stockton Bridge. Hiervoor wordt gebruik gemaakt van FT37-43 ferriet kernen, maar mijn ervaring is dat een stuk RG58 coax makkelijker door de grotere



broer FT50-43 gaat. Het is maar wat je in huis hebt, voor de werking maakt het niets uit. Op de kernen worden 12 windingen van 0,5mm draad gelegd. De dikte maakt hier ook weer niet zoveel uit, maar als het echt apenhaar wordt, krijg je wel wat verlies. De detectordiode is een 1N60, maar ook hier geldt dat elke germaniumdiode het zal doen. De spoel van 820µ is niet kritisch: het is maar een smoorspoel om het HF uit de meter te houden. Hier kan je een FT50-43 kern volwikkelen en die voldoet prima. Het metertje is een 500µA type, b.v. een VU metertje uit een oude bandrecorder. Ideaal spul om op een beurs te zoeken. Voor de spoel wordt een T80-2 ringkern gebruikt, en ook hier wordt gewikkeld met 0,5mm draad. Er worden 60 windingen op gelegd, met aftakkingen op 3, 6, 10, 15, 20, 25, 30, 37, 44 en 52 windingen. Samen met het begin en eind van de spoel heb je dan 12 aansluitingen waarmee je precies een hele 12x1 draaischakelaar kunt bedraden (Conrad artikelnummer 1589498 b.v.). Aan het eind van de tuner zit een balun, gemaakt van (alweer) een FT50-43 ferrietkern, met 10 windingen bifilair gewikkeld (dat wil zeggen dat je twee draden in elkaar draait en die gezamenlijk om de kern wikkelt). Met behulp van een dubbelpolige omschakelaar kan dan gekozen worden voor een gebalanceerde of een ongebalandeerde antenne: in de stand Ongebalanceerd ligt de zwarte aansluiting aan massa en is de Balun niet met de uitgang verbonden, en in de stand Gebalanceerd wordt de balun met de uitgang verbonden en de zwarte aansluiting aan de secundaire wikkeling van de balun. Hoe dat in de praktijk werkt, zie je in de tekening rechts boven aan deze bladzijde: een dipool is gebalanceerd en wordt via een lintlijn of kippenladder gevoed, en een (lang)draad is ongebalanceerd en verlangt een aarde (of tegencapaciteit) om goed te kunnen werken.







Hoe het er in de praktijk uit zou kunnen zien zie je op de foto hier rechts: een handzaam metalen kastje met op de bovenste rij de twee afstemcondensatoren en de spoelschakelaar, en links de potmeter voor de gevoeligheid van de indicator, met het schakelaartje voor het omschakelen van gebalanceerd naar ongebalanceerd. Rechts het metertje en verder de aansluitingen voor de antenne en de coax naar de set. Veel plezier voor weinig geld!



Afdelingsnieuws

Verslag Lichtmis

Op 22 zaterdag september heeft een aantal van onze RAZ-leden de radio-beurs de Lichtmis bezocht, welke gehouden wordt op de parkeerplaats van het wegrestaurant met dezelfde naam tussen Zwolle en Meppel. Gesignaleerd zijn o.a. Mans PA2HGJ, Hugo PA2HW, Robert PA2RDK, Henny PA3HK, Paul PA3DFR en Gert PE0MGB en ondergetekende, PA3CNO. De Lichtmis is samen met Rosmalen nog een van de weinige beurzen waar nog in ruime mate historische onderdelen worden aangeboden, zoals buisvoeten, keramisch/porceleinen schakel-materiaal, hoogspanningstransformatoren en -condensatoren etc. Het probleem is alleen dat het aantal amateurs dat nog iets met dat soort onderdelen doet, in rap tempo afneemt. Blijft de reguliere handel, die zo af en toe prijzen vraagt waarvoor je er bij AliExpress wel 10 kunt kopen. Neem daarbij dat de nieuwe generatie amateurs wat ze nodig hebben gewoon thuis laat bezorgen, en de vraag rijst hoelang beurzen nog bestaansrecht hebben. In de zakenwereld zie ik dat al jaren gebeuren: 30 jaar geleden was de CeBit in Hannover een evenement waarvoor je minstens 2 nachten in een hotel ging. Op het beursterrein reden 4 (!) buslijnen om je tussen de 36 (!!) hallen te vervoeren, en je vergaapte je aan de nieuwste apparatuur en snufjes die men daar - vaak voor het eerst - tentoon stelde. Maar ja, de CeBit was meestal in maart, en als je in april een nieuw product af hebt, ga je vandaag de dag niet 11 maanden wachten om het in de markt te zetten, want dan ben je gewoon te laat. De CeBit is inmiddels vervallen tot een handjevol hallen waar dan nog meestal alleen maar stands met folders staan, niet eens meer spullen. De nieuwtjes zie je wel via internet.

En dat zie je met de radiohobby ook. Onderdelen koop je bij Banggood, AliExpress of andere Chinese leveranciers, en als die het echt niet hebben, bij Reichelt, Conrad of Mouser - in die volgorde, waarbij de prijs ongeveer exponentieel toeneemt.

Maar onze groep heeft zo hier en daar toch nog leuke koopjes of hebbedingetjes op de kop getikt, en ook het ontmoeten van mede-amateurs is een vast ritueel van de Lichtmis. Het aanbod was uitstekend: er was van alles te vinden en te verkrijgen. Nog steeds de moeite waard.

Historisch is het tijdens de Lichtmis altijd mooi weer. Dat was dit jaar een uitzondering: het was best fris, en om half 2 begon het te regenen. Dat was voor een groot deel van de bezoekers het signaal om de beurs te verlaten, en voor een deel van de standhouders om op te gaan ruimen. Wij zijn zo rond een uur of 2 vertrokken na een voor ons in elk geval geslaagde dag.

Afdelingsbijeenkomsten

In oktober zijn de afdelingsbijeenkomsten op de woensdagen 10 en 24. De 10^{e} is de eerste bijeenkomst van de maand, waarop de QSL-manager aanwezig zal zijn voor het uitwisselen van de kaarten. Er is bijna altijd wel wat te zien op onze bijeenkomsten: apparatuur en/of knutsels in diverse stadia van ontwikkeling. Ook niet-leden zijn van harte welkom op onze avonden, die vanaf 20:00 gehouden worden in ons clubhuis van de Minigolf Zoetermeer in het Vernède sportpark. Zie voor een routebeschrijving onze website.